

26. Bazhenov A.V. [et. al.] Role of the intensive care in treatment of patients with acute myeloid leukemia. The therapeutic archive. 2019;91(7):14-24. (in Russ.)
27. Valiev TT, Semenova VV, Ikonnikova AY, Petrova AA, Belysheva TS, Nasedkina TV. Role of pharmacogenetic factors in the development of side effects of methotrexate in the treatment of malignant tumors: A review. Journal of Modern Oncology. 2021;23(4):622–627. (in Russ.) doi: 10.26442/18151434.2021.4.201127
28. Klodzinskii A.A. [et. al.] Current state of diagnosis and treatment of acute myeloid leukemias in adult patients in the republic of Kazakhstan. Clinical oncohematology. 2022;15(1):69-75. (in Russ.)
29. Solov'eva A.A. [et al.] Sochetannaya immunoterapiya blinatumomabom i targetnaya terapiya inhibitorami tirozinkinaz v lechenii retsidivov i refrakternykh form ostrykh limfoblastnykh leikozov (Combined immunotherapy with blinatumomab and targeted therapy with tyrosine kinase inhibitors in the treatment of relapses and refractory forms of acute lymphoblastic leukemia). Russian journal of hematology and transfusiology. 2020;(4):221. (in Russ.)
30. Davidyan Y.R. [et. al.] Philadelphia chromosome-positive acute lymphoblastic leukemia in adults: results of the rall study group protocol. Clinical oncohematology. 2019;4(4):315-319. (in Russ.)
31. Tolstykh T.N. Novye terapevticheskie strategii lecheniya ostrogo mieloidnogo leikoza u vzroslykh (New therapeutic strategies for the treatment of acute myeloid leukemia in adults). Sbornik trudov konferentsii. 2023:13-14. (in Russ.)
32. Shamsutdinov V.A., Yuldasheva N.E. New methods of treatment of acute leukemia. Economy and society. 2022;93(2):1059-1064. (in Russ.)
33. Usikova E.V., Kaplanov K.D., Vorob'ev V.I., Lobanova T.I., Ul'yanova M.A., Kisilichina D.G., Kobzev Yu.N., Shikhbabaeva D.I., Vinogradova O.Yu., Ptushkin V.V. Efficacy of the combination of venetoclax and hypomethylating agents in the treatment of patients with primary, relapsed and/or refractory acute myeloid leukemia. Bulletin of the Medical Institute «Reaviz» (Rehabilitation, Doctor And Health). 2022;12(6):64-77. (In Russ.) <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2022.6.CLIN.5>
34. Tretyak N. N., Goryainova N. V. [et. al.] Flag protocol-based cure rate of acute myeloid leukemia. Health and environmental issues. 2019;(4):85-87. (in Russ.)
35. Bondarenko S.N., Ayubova B.I. [et al.] Effektivnost' terapii gilteritinibom pri retsidiviruyushchem ili refrakternom ostrom mieloidnom leikoze FLT3 + u vzroslykh (The effectiveness of gilteritinib therapy in relapsing or refractory acute myeloid leukemia FLT3 + in adults). The Bulletin of Hematology. 2022;18(2):40-41. (in Russ.)
36. Budaeva I.G., Zaitsev D.V., Shatilova A.A., [et al.] Efficacy, safety and tolerability of gemtuzumab ozogamycin in combination with FLAG/FLAG-Ida or azacitidine in relapses and refractory course of acute myeloblastic leukemia. Clinical oncohematology. 2021;14(3):299–307. (in Russ.) doi: 10.21320/2500-2139-2021-14-3-299-307

УДК 611.216.2:572.7

© Коллектив авторов, 2023

Д.А. Соколов¹, А.К. Наговицин¹, Е.В. Белов¹, А.Г. Кварацхелия¹, Н.А. Насонова¹,
А.С. Пылева¹, А.А. Бахмет², А.В. Тверская³, М.А. Кузнецова⁴, С.В. Гулимов⁵

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛОБНЫХ ПАЗУХ: ТИПОЛОГИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет
им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, г. Воронеж

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)» Минздрава России, г. Москва

³ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет», г. Белгород

⁴Московский финансово-промышленный университет «Синергия», г. Москва

⁵БУЗ «Воронежская областная клиническая больница №1», г. Воронеж

Лобные пазухи являются высоко изменчивыми структурами человеческого организма. Несмотря на длительную историю описания и изучения, на сегодняшний день остается множество вопросов, связанных с особенностями их строения и биологической роли в организме. Строение лобных пазух определяется совокупностью внутренних и внешних факторов, вследствие чего их морфология строго индивидуальна для каждого человека. Современные методы визуализации позволяют детально оценивать структуру лобных пазух, что находит широкое применение в практической деятельности. В данной статье освещаются вопросы, связанные с развитием, формой, особенностями сообщений лобных пазух и с их индивидуальной изменчивостью. Уникальность морфологии лобных пазух позволяет использовать их в таких разделах науки, как судебная медицина и антропология, с целью идентификации личности. Течение ряда заболеваний может модифицироваться в зависимости от морфологических особенностей лобных пазух. На сегодняшний день остается актуальной проблема обеспечения оперативного доступа к лобным пазухам в ходе ринохирургического вмешательства вследствие высокой изменчивости и труднодоступности. Таким образом, для планирования современных мининвазивных и микрохирургических методов лечения необходимо знание индивидуальных особенностей строения лобных пазух.

Ключевые слова: вариантная анатомия, лобные пазухи, крианиометрия.

D.A. Sokolov, A.K. Nagovitsin, E.V. Belov, A.G. Kvaratskheliya, N.A. Nasonova,
A.S. Pyleva, A.A. Bakhmet, A.V. Tverskaya, M.A. Kuznetsova, S.V. Gulimov

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE FRONTAL SINUSES: TYPOLOGY AND FUNCTIONAL ASPECTS

The frontal sinuses are highly variable structures of the human body. Despite the long history of description and study, today there are still many questions related to the features of their structure and biological role in the organism. The structure of frontal sinuses is determined by a combination of internal and external factors, as a result of which the morphology of the frontal sinuses is strictly individual for every person. Modern imaging methods allow a detailed assessment of the structure of the sinuses, which is widely used in practice. The article highlights issues related to the development, shape, features of communications of the frontal si-

nuses, their individual variability. The uniqueness of the morphological features of the frontal sinuses allows them to be used in such branches of science as forensic medicine and anthropology for the purpose of identifying a person. The course of a number of diseases can be modified depending on the morphological features of the frontal sinuses. Also, today the problem of providing prompt access to the sinuses during rhinosurgical intervention remains relevant as a result of high variability and inaccessibility. Thus, planning of modern minimally invasive and microsurgical methods of treatment requires knowledge of the individual features of the structure of the frontal sinuses.

Key words: variant anatomy, frontal sinuses, craniometry.

Традиционно считается, что лобные пазухи впервые были описаны А. Везалием в 1543 году [10]. В его трактате «De humani corporis fabrica libri septem» неоднократно встречаются упоминания о лобной пазухе. По мнению А. Везалия, основной функцией пазух было обоняние. Однако, упоминание о наличии полости в лобной кости, расположенной в надглазничной области, встречается в трудах Джакомо Беренгарио да Карпи [10], опубликованных еще в 1521 году, что ставит под сомнение первенство А. Везалия в их открытии. По данным S. Paulli, T. Edinger и L. Witmer, лобные пазухи встречаются не у всех видов животных [27,52,72]. Т. Edinger объясняет это тем, что лобные пазухи видоизменялись и/или были утрачены как минимум один раз в каждом из отрядов млекопитающих [27]. Так, А. А. Farke указывает, что в семействе Bovidae лобные пазухи возникали и/или исчезали по меньшей мере 6 раз [29].

Поскольку лобные пазухи у млекопитающих возникали неоднократно в процессе эволюции, то их развитие может быть связано не с одним, а с целым рядом факторов внешней среды, что свидетельствует о большом объеме различных функций, выполняемых пазухами у разных видов животных [25,46].

S. Blaney указывает, что среди приматов лобные пазухи имеются только у людей и нескольких видов крупных человекообразных обезьян [17]. Исследование J.B. Rossie показало, что лобная пазуха у широконосых обезьян (Platyrrhini) и, вероятно, у узконосых обезьян (Catarrhini), является гомологом этмофронтального синуса, отличающегося только морфологическими особенностями решетчатых пазух, которые дают ему начало в ходе онтогенеза. При этом этмофронтальный синус является не синапоморфией гоминин (Homininae) как считалось ранее из-за его отсутствия у орангутанов (Pongo) и гиббонов (Hylobates) [20], а как минимум примитивным признаком человекообразных обезьян (Hominoidea) [57]. Исходя из этого, можно предположить, что у собакоголовых (Cercopithecoidea) в процессе эволюции произошла утрата всех параназальных синусов. Обнаружение лобных синусов у ряда ископаемых узконосых обезьян родов Proconsul, Turkanopithecus и Afropithecus позволяет гипоте-

тически считать этот признак синапоморфией гоминид (Hominidae) у человекообразных (Hominoidea) или узконосых обезьян (Catarrhini) [58].

Развитие лобных пазух

Развитие лобных пазух начинается с пневматизации лобной кости, которая включает расширение передневерхнего мешочка воронки решетчатой кости и последующее расширение одной или нескольких эмбриональных борозд recessus frontalis, что приводит к расширению всей лобной пазухи [43]. Первичная пневматизация пазух происходит на 12-16-й неделях внутриутробного развития [22,43-45], и в этот период они представляют собой гладкостенные карманы, выстланные слизистой оболочкой. В дальнейшем поверхность меняет свой рельеф, приобретая бороздки и впадины. После рождения наступает этап вторичной пневматизации, продолжающийся от 6 месяцев до 2 лет [43-45]. Происходит расширение пазух латерально, в сторону глазничной части лобной кости, затем – в передне-верхнем направлении [71]. В возрасте 3-х лет верхняя стенка пазухи возвышается над уровнем назион на несколько миллиметров [43].

Следует отметить, что сразу после рождения объем пазух крайне невелик [49], вследствие чего их невозможно обнаружить при рентгенографии [44]. По данным J. Spaeth с соавт., обнаружить лобные пазухи на рентгенограмме возможно у 10,7% детей в возрасте 4-х лет, у 50% – в возрасте 8-ми лет и более чем в 90% случаев – в возрасте старше 15 лет [65]. Компьютерная томография является более чувствительным методом, позволяющим идентифицировать лобные пазухи уже в возрасте 3-х лет [56].

Значительное увеличение размеров пазухи происходит спустя 1–1,5 года после пубертатного скачка роста и продолжается до 16 лет у девушек и до 18 – у юношей [44]. Скорость увеличения размеров синуса в пубертатный период достигает 1,02–1,30 мм/год [59-61,71]. J. Spaeth с соавт. указывают на преобладающее увеличение длины пазухи (в сравнении с шириной) в возрасте до 8 лет, а также в промежутке с 12 до 14 лет [65]. Авторам не удалось найти значимых изменений в скорости роста в период пубертата, что про-

тиворечит другим исследователям [31, 71]. По данным W. Lawson, развитие пазух может продолжаться до 40 лет, что обусловлено влиянием как активных жевательных движений, так и изменением гормонального фона [39]. Развитие лобной пазухи завершается раньше у девушек [22,45,65]. В дальнейшем морфометрические параметры пазух остаются неизменными, за исключением небольшого увеличения объема вследствие резорбции кости в пожилом возрасте [45].

Вариабельность лобных пазух крайне высока. Даже у монозиготных близнецов их морфометрические параметры могут варьировать в широких пределах [22,36]. Следовательно, на развитие синусов оказывают влияние не только генетические особенности, но и факторы внешней среды [36]. Тем не менее у близких родственников обнаруживаются сходные морфологические особенности пазух, вследствие чего они могут быть использованы в комплексе с другими параметрами для определения наличия степени родства [26].

Следует отметить, что левая и правая пазухи развиваются независимо друг от друга, это может быть связано с высокой частотой наблюдаемых асимметрий [19,30,53,66,67,77], а также может наблюдаться отсутствие как одной, так и обеих пазух [4,16,19,30,37,53,66,77]. Так, в исследовании N.B. Gadekar с соавт. приведены данные анализа рентгенограмм 409 черепов [30]. Согласно полученным данным полное отсутствие лобных пазух имело место в 2,7% случаев, частичное – в 1,5% (для правой пазухи) и 0,5% (для левой пазухи) наблюдений. При наличии обеих пазух преобладание размеров левых пазух наблюдалось в 36,0% случаев, правых пазух – в 18,5% случаев. Приведенные значения не соотносятся с данными, полученными J.P. Tang с соавт. [67], которые указывают на преобладание размеров правой пазухи при большем количестве наблюдений (22,4%).

Имеются данные о связи агенезии и гипогенезии лобных пазух с сохранившимся метопическим швом. В работе И.С. Пискунова с соавт. установлено, что частота сочетания метопического шва с агенезией и гипогенезией лобных пазух у населения Центрально-Черноземного региона РФ составляет 70,37%, что значительно превышает среднюю частоту встречаемости таких вариантов без метопического шва (11,3%), причем у мужчин это явление встречается чаще, чем у женщин (48,15% и 22,22% соответственно) [12]. Авторы также указывают на наличие связи между степенью пневматизации пазух и типом метопического

шва – отсутствие и недоразвитие пазух связано только с метопическим швом, сохранившимся в области надпереносья. Тем не менее ряд исследователей отстаивает противоположную точку зрения. S. Bilgin с соавт. [16] и L.B. Sandre с соавт. [62] опровергают наличие связи между метопическим швом и уменьшением объема пазух в турецкой и бразильской популяциях.

Ряд работ был посвящен поиску связей между степенью развития лобных пазух и другими показателями развития организма. Так, Н.Т. Mahmood с соавт. методом условных оценок установили наличие связи между линейными размерами пазух и степенью зрелости C2-C4 позвонков у обоих полов [42]. S. Ruf и Н. Pancherz установили, что значение ширины пазух может использоваться для определения зрелости организма, однако в их исследования были включены только лица мужского пола [59-61]. Исследование Y. Valverde с соавт. показало наличие связи между объемом пазух и ростом ребенка, а также скоростью их увеличения. Наиболее интенсивно пазухи увеличивались спустя 1 год после пика пубертатного скачка роста [71]. А. Gagliardi с соавт. установили наличие связи между размерами синусов и степенью ossификации костей запястья и кисти [31].

Строение лобных пазух

Лобные пазухи представляют собой две воздухоносные полости лобной кости, выстланные слизистой оболочкой, расположенные кзади от надбровных дуг, между наружной и внутренней пластинками компактного вещества. Стенка синуса, образованная глазничной частью лобной кости, является наиболее тонкой, а образованная лобной чешуей – наиболее толстой [43]. С возрастом отмечается неравномерное утолщение лобной кости, в большей степени выраженное слева [15]. В пазухе выделяют два отдела: вертикальный, расположенный в чешуйчатой части лобной кости, и горизонтальный, расположенный в глазничной части [43]. Они достаточно симметричны [53] и отделяются друг от друга костной перегородкой. Перегородка может отклоняться от срединной линии, при этом описаны случаи не только ее отклонения, но и полного смещения в одну из сторон [30]. И.Н. Яшина, в отличие от N.B. Gadekar с соавт. [30], указывает на то, что асимметричное расположение перегородки наблюдается только у долихокранов [15]. Пазухи могут быть разделены на несколько карманов, сообщающихся друг с другом, неполными костными перегородками [4]. Слизистая оболочка лобной пазухи выстлана однослойным

цилиндрическим реснитчатым эпителием. Между реснитчатыми эпителиоцитами располагаются также слизистые клетки. Собственная пластинка слизистой оболочки лобных пазух представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью [13].

А.Н. Емельяновой была предложена классификация основных вариантов строения лобных пазух [4], включающая агенезию (полное отсутствие пазухи), гипогенезию (недоразвитие пазухи), гипергенезию (распространение пазухи в соседние кости за пределы лобной кости), распространение пазух в лобную чешую выше надпереносья в пределах лобной кости; лобные пазухи с карманами и углублениями, распространяющимися как в отростки лобной кости, так и в соседние кости; пазухи с полными и неполными перегородками (многокамерные).

Размеры лобных пазух варьируют в широких пределах [8,18,19,30,34,36,37,43,51,53,64,66,77]. Исследование N. Štoković с соавт. указывает, что высота пазухи варьирует от 6,2 до 50,0 мм, длина – от 2,4 до 45,0 мм, протяженность зоны контакта с глазницей – от 4,0 до 41,6 мм во фронтальной плоскости и от 0 до 41,2 мм – в сагиттальной. При типичном строении лобных пазух асимметрия их размеров выражена слабо. Фронтальный размер лобных пазух слева составляет $27,0 \pm 10,1$ мм, справа – $25,9 \pm 9,4$ мм; вертикальный размер пазух слева равен $29,2 \pm 8,8$ мм, справа – $28,9 \pm 9,5$ мм. Сагиттальный размер пазух слева составляет $22,4 \pm 8,0$ мм, справа – $21,3 \pm 7,9$ мм [66]. Исследование И.Н. Фатеева также указывает на незначительные различия линейных размеров лобных пазух справа и слева [14], однако средние значения показателей, изученных авторами, несколько ниже, чем указанные в работе N. Štoković с соавт. [66].

Соответственно, вариабельность линейных размеров и объем пазухи также может изменяться в больших пределах. По данным исследования J.M. Pondé с соавт., объем пазухи колеблется в пределах от 1,1 до $38,0 \text{ см}^3$, в среднем составляя $10,25 \text{ см}^3$ [53], что согласуется с данными других исследователей [1,8,18,19,21-23,34,38,43,64,69,75].

Многие авторы указывают на наличие полового диморфизма в строении лобных синусов. По данным Q. Javaid, M. Yoshino с соавт., J.R. Carmago с соавт., J.M. Pondé с соавт., лобные пазухи у мужчин по сравнению с женщинами имеют большие размеры [19,34,53,74]. Эти данные подтверждаются исследованием О.Ю. Алешкиной, которая считает, что объем лобных пазух у мужчин превосходит анало-

гичный показатель у женщин в 1,8 раза слева и в 2,3 раза справа [1]. Половые различия в строении пазух в большей степени обусловлены генетическими факторами, чем гормональными и нутритивными факторами, или воздействием мускулатуры [55].

J.L. Yu с соавт. показали, что существуют достоверные различия в объеме лобных пазух у лиц, перенесших черепно-мозговую травму [75]. Так, у пациентов, перенесших сотрясение мозга, объем пазух был значительно меньше, чем у здоровых лиц (21,85 мл и 32,72 мл соответственно). Авторы приходят к выводу, что больший объем пазух способствует большему поглощению энергии травмирующего объекта и, следовательно, уменьшает объем интракраниальных повреждений.

Следует отметить, что определение объема пазухи в практической деятельности проводится редко, так как точное определение по данным рентгенограмм практически невозможно (необходимо выполнение рентгенографии в двух или трех проекциях, сложная конфигурация пазухи). Гораздо чаще проводится определение площади пазухи по данным рентгенограммы, выполненной во фронтальной проекции (эта же рентгенограмма может быть использована и для определения прочих размеров синуса), или по данным компьютерной томографии [4,6-8,19,22,30,31,36-38,42,51,53,55,56,59-67,69,71,74,77].

Сообщение лобных пазух

Лобные пазухи открываются в средний носовой ход соответствующей стороны. Отток из лобной пазухи происходит через дренажно-вентиляционный путь, образованный лобной воронкой, устьем лобной пазухи и лобным карманом или решетчатой воронкой [40,43]. Лобная воронка является самой нижней частью пазухи, конусообразно суживающейся в нижнем, заднем и медиальном направлении. Место перехода лобной пазухи в карман называется устьем лобной пазухи, которое ограничено носовым отростком лобной кости спереди и основанием черепа сзади. Устье является наиболее узким участком дренажно-вентиляционного пути [73]. По данным D. Lee с соавт., расположение отверстия лобной пазухи может варьировать: в ряде случаев (29,3%) оно расположено кпереди от крючковидного отростка решетчатой кости, а в 68,3% случаев – кзади от него [40]. Вследствие этого выделяют два типа лобно-носового сообщения: прямой (рецессуальный) и непрямой (инфундибулярный) [10]. При прямом типе сообщения лобная пазуха дренируется в лобный карман, ограниченный бугром носа спе-

реди, крючковидным отростком сзади, средней носовой раковиной с медиальной стороны и глазничной пластинкой – с латеральной [73]. Карман открывается в средний носовой ход. В задне-верхней части кармана может располагаться передняя решетчатая артерия [73]. При непрямом типе сообщения дренаж осуществляется в решетчатую воронку [10], ограниченную спереди крючковидным отростком, сзади – передней стенкой решетчатого пузыря, латерально – глазничной пластинкой [9]. Медиальной стенки воронки не имеет, формально она представлена полулунной щелью, связывающей ее со средним носовым ходом. В части наблюдений лобная пазуха открывается в лобный карман, который сообщается не со средним носовым ходом, а с решетчатой воронкой. Частота встречаемости такого варианта неизвестна [9]. На сагитальном срезе, проходящем через эти структуры, можно отметить, что они напоминают песочные часы, в которых устье пазухи формирует «перешеек часов». Сужение любой из частей дренажно-вентиляционного пути вследствие травмы, отека слизистой, образования полипов или воспалительного процесса может привести к обструкции лобной пазухи [43,70]. Тем не менее именно лобная пазуха имеет самые благоприятные условия для оттока содержимого в сравнении с прочими околоносовыми синусами [10].

Морфометрические параметры лобных пазух находятся во взаимосвязи с размерами лицевого черепа. И.В. Бахарев приводит данные, указывающие на зависимость степени развития пазухи от конфигурации надглазничного края лобной кости: чем больше выражен его изгиб, тем более выражена пазуха [2]. Также приводятся сведения о наличии положительной корреляции ширины лобной пазухи с шириной лица и шириной альвеолярной дуги, а также высоты лобной пазухи с шириной альвеолярной дуги [2]. В.Н. Кучмин указывает, что существует положительная корреляция между объемом пазухи и размерами лицевого черепа (назион–хормион, назион–дакрион, назион–фронтальномолярнотемпоральная точка, назион–фронтальномолярноорбитальная точка) [6]. По данным D.H. Enlow, у долихоцефалов и людей с лептопрозоцией отмечаются крайне широкие синусы, наклоненный лоб и невыраженные скуловые кости. В противоположность этому для людей с широким лицом и брахицефалической формой головы более характерны меньшие размеры синусов, меньший угол наклона лба, менее выраженное надпереносье [28]. По

данным И.Н. Яшиной, у мужчин с мезокранной формой черепа в возрасте 40–49 лет является укрупнение лобной пазухи с уменьшением числа ее отрогов [15].

Вариантная и типовая анатомия лобных пазух

Строение лобных пазух обладает большой вариабельностью [69]. Морфология лобных пазух и их линейные размеры связаны с полом [1,33, 34,51,53,64], возрастом [1,8,42,45, 59-61,64,71], расовой принадлежностью [31,33,37,67], углом наклона лба [28] и формой головы [3,18,28]. М. Yoshino был предложен набор параметров [74], характеризующих особенности строения лобных пазух: размер лобной пазухи, билатеральная асимметрия, преобладание одного из линейных размеров пазухи, контур верхней границы, наличие неполных перегородок, надглазничных ячеек.

N. Štoković с соавт. предложена классификация типов лобных пазух по их отношению к глазнице [66]: малые синусы – пневматизация верхней стенки глазницы отсутствует или затрагивает только медиальную ее часть; средние синусы – пневматизация верхней стенки глазницы затрагивает медиальную и центральную ее часть; крупные синусы – пневматизация верхней стенки глазницы затрагивает медиальную, центральную и латеральную ее части. По данным авторов, наиболее часто встречаются средние синусы – в 46,7% наблюдений [66]. В ряде случаев чрезмерно объемные пазухи могут стать причиной асимметрии лица, что требует хирургической коррекции (как, например, при *pneumosinus dilatans frontalis*) [44].

Лобные синусы могут разделяться на карманы (отроги) полными и неполными перегородками, при этом количество карманов варьирует. В исследовании N.D.I. Zulkiflee с соавт. отмечено, что количество отрогов каждой пазухи составило от 1 до 6. Согласно результатам исследования, у мужчин наиболее часто встречается вариант строения пазух, при котором как в левой, так и в правой пазухе имеется два отрога. У женщин наиболее часто встречается два отрога в левой пазухе, и один – в правой [77]. В исследовании И.Н. Яшиной прослеживалась иная закономерность, согласно которой большее число отрогов лобного синуса встречалось справа, что могло служить причиной ее неэффективного дренирования [15].

Оценивая частоту встречаемости неполных перегородок, N.D.I. Zulkiflee с соавт. отмечают, что чаще всего наблюдается либо отсутствие таких перегородок, либо наличие

одной перегородки как в левом (36,0% и 34,0% соответственно), так и в правом (23,9% и 38,1%) синусе [77]. В исследовании N.B. Gadekar с соавт. [30], несмотря на сопоставимую частоту встречаемости одной неполной перегородки (26,1% и 34,8% для левой и правой сторон соответственно), отсутствие перегородок наблюдалось в гораздо большем количестве случаев (60,6% и 55,2% соответственно). Как у мужчин, так и у женщин наиболее часто встречающимися вариантами стали: правая пазуха без перегородок (33,5% у мужчин, 38,3% у женщин) и левая пазуха с одной перегородкой (31,5% и 44,5% соответственно). Согласно N. Štoković с соавт. [66], наличие неполных перегородок не влияет на объем пазухи, однако, по данным В.Н. Кучмина, они увеличивают площадь поверхности слизистой оболочки [6].

Важным морфологическим критерием является конфигурация верхней границы синуса. По данным рентгенографии выделяют несколько ее вариантов [74]: отсутствующая (верхняя граница синуса не определяется); гладкая; образованная двумя, тремя или четырьмя дугами; образованная пятью дугами и более.

По данным N.B. Gadekar с соавт., наиболее часто встречающимся вариантом строения является граница, образованная двумя (33,7% слева, 31,0% справа), тремя (22,83% слева, 31,50% справа) и одной (24,7% слева, 22,6% справа) дугами [30].

Карманы лобных пазух

А.Н. Емельянова выделяет следующие виды карманов: орбитальный, скуловой, височный, носовой, этмоидальный и карман петушиного гребня [4]. Автор указывает, что «... частота их встречаемости неодинакова. Скуловой карман (1,3% наблюдений) образуется при распространении синуса в скуловой отросток лобной кости. Его клиническое значение связано с близким расположением слезной железы и возможным переходом на нее воспалительного процесса из пазухи» [4]. Височным карманом считается выступ, распространяющийся книзу и кзади от височной линии (0,8% наблюдений) в височной области. Носовой карман (1,8% наблюдений) формируется в переднем отделе носовой части лобной кости. Являясь наиболее низким участком синуса, этот карман может служить местом скопления воспалительного экссудата. Карман петушиного гребня (0,7% наблюдений) образуется при распространении процесса пневматизации лобной кости на одноименное образование решетчатой кости. При значительных размерах этого кармана лобный синус контак-

тирует с обонятельными луковичками, а распространение воспалительного процесса из этой области может стать причиной лептоспазмения. А.Н. Емельянова утверждает, что «...этмоидальный карман (0,03% наблюдений) образуется при распространении пневматизации вдоль края решетчатой вырезки с выходом на крышу решетчатого лабиринта. При асимметричном развитии этих карманов дно передней черепной ямки будет расположено на разной высоте» [4].

Клинически важную роль также может играть и супраорбитальный карман (СОК), который является латеральным продолжением супрабуллярного кармана (или другой аэрированной части крыши решетчатого лабиринта), расположенного над глазницей. Как минимум один СОК имеется у 15% взрослых, в то время как в 5% случаев может наблюдаться несколько СОК одновременно [49], СОК может быть ошибочно идентифицирован как апертюра лобной пазухи при проведении эндоскопической операции, а при оценке рентгенограмм может быть интерпретирован как неполная перегородка лобной пазухи [39,49]. В.Т. Somer с соавт. указывают, что имеется связь между наличием СОК и неполных перегородок пазухи [24]. Их наличие ассоциировано с проптозом глазного яблока, увеличенным риском повреждения глазницы в ходе эндоскопического вмешательства на синусе [24].

Биологическая роль и клиническое значение лобных пазух

Строение лобной пазухи может зависеть от климата. Согласно работе Т. Koertvelyessy у проживающих в холодном климате эскимосов гораздо чаще наблюдаются отсутствие лобных пазух (у 25% мужчин и у 36% женщин), или уменьшение их размеров [37]. Несмотря на традиционные взгляды, согласно которым одной из их важнейших функций околоносовых пазух является согревание воздуха, Т. Koertvelyessy интерпретирует это как необходимость сохранения тепла за счет уменьшения поверхности слизистых оболочек. Автором также выдвигается гипотеза, что лобные пазухи не оказывают значительного влияния на увлажнение воздуха, так как не были найдены значимые различия в объеме пазух у лиц, проживающих во влажном и сухом климате [37].

Функция лобных пазух у животных однозначно не установлена. Ряд авторов (А. А. Curtis и В. van Valkenburgh, L. Witmer) предполагает, что роль пазух в черепе минимальна, и они развиваются в тех местах, где отсутствует биомеханическая потребность в кости, что позволяет снизить массу черепа, не влияя на его

прочность [25]. С другой стороны, вследствие наличия в лобных костях перегородок и их влияния на форму черепа лобные пазухи могут участвовать в поглощении и рассеивании энергии при совершении жевательных движений или ударах головой. Исследование J.B. Tanner с соавт., посвященное изучению черепов пятилетних гиен, подтверждает данную теорию, указывая на влияние лобных пазух на распределение механической нагрузки по черепу в процессе жевания и совершения сильных укусов [68]. Однако исследование A.A. Farke, в которое были включены представители отряда *Voridae*, не нашло подтверждения корреляции между объемом лобных пазух и количеством перегородок в них и частоты встречаемости поведенческих паттернов (преимущественно у самцов), связанной с нанесением ударов головой, но установило наличие связи между объемом лобной пазухи и размерами лобной кости [29]. Подобная корреляция была также выявлена при исследовании ископаемых и современных гоминид, для которых характерна связь между объемом лобных синусов и формой черепа [25].

A.W. Proetz указывает на роль лобных пазух в развитии лицевого отдела черепа [54]. Автор отмечает, что развитие лобных синусов происходит одновременно с увеличением линейных размеров лицевого черепа, а стабилизация их размеров совпадает со временем достижения лицевым отделом черепа зрелых черт. Однако исследование V. Negus ставит под сомнение данную теорию, так как у лиц с недоразвитием одной или обеих пазух не отмечается уменьшения размеров лицевого отдела черепа [47]. Автор также ставит под сомнение наличие какой-либо функции у параназальных синусов и лобного синуса в частности, считая их лишь «рудиментарными образованиями».

H. Levine и M.P. Clemente указывают, что параназальные синусы участвуют в усилении иммунной защиты, а их слизистая оболочка является местом выработки иммуноглобулинов и литических ферментов, разрушающих стенки бактериальных клеток [50]. J.S.J. Naight с соавт. и J. Lundberg с соавт. сообщают о выработке слизистыми оболочками околоносовых синусов оксида азота (NO) в высоких концентрациях, который угнетает рост бактерий и вирусов, и регулирует активность мерцательного эпителия [32,41].

Согласно исследованиям N. Patil с соавт. и L. Kullman с соавт., вариативность лобных пазух велика настолько, что их морфометрические параметры уникальны для каждого

человека [38,51]. Это позволяет использовать рентгенографию лобных пазух в качестве одного из способов идентификации личности в судебной медицине при сильном повреждении мягких тканей, когда освидетельствование, дактилоскопия и анализ ДНК не могут быть проведены [19,23,30,38,48,55]. При этом возможны как опознание конкретного индивида при наличии рентгенограмм, так и определение приблизительного возраста, пола, расовой принадлежности [23]. На высокую чувствительность этого метода указывают исследования S.K. Buyuk с соавт. и N.B. Gadekar с соавт. [18,30].

Знание типовой и вариантной анатомии лобных синусов имеет практическое значение для планирования хирургических вмешательств (открытых, эндоскопических, комбинированных) [3,39], при лечении новообразований [63], для понимания патофизиологии фронтита и его возможных осложнений (абсцесса глазницы, менингита, эпидурального абсцесса, субдуральной эмпиемы, тромбоза кавернозного синуса, остеомиелита лобной кости). По данным M.S. Tezer с соавт., развитие острого синусита у детей маловероятно из-за малого размера пазух, в то же время у взрослых гипоплазия синусов может быть ассоциирована с хроническим аллергическим риносинуситом [70]. С другой стороны, гиперпневматизация пазух может являться причиной длительных головных болей [21] и predisposing к развитию синуситов [5].

Заключение

Лобные пазухи обладают значительной индивидуальной изменчивостью. Их развитие и строение определяются многообразием внешних и внутренних факторов. Несмотря на наличие некоторой корреляции между морфометрическими параметрами лобной пазухи и размерами лицевого черепа, инструментальные методы исследования остаются единственным способом, позволяющим достоверно определить их особенности строения. Уникальность морфологических особенностей лобных пазух позволяет использовать их в судебной медицине и антропологии для идентификации личности. Строение пазух определяет вероятность развития ряда патологических процессов и оказывает влияние на особенности их патоморфогенеза. Обнаружение индивидуальных особенностей строения лобных синусов и их карманов требует изменения тактики оперативного вмешательства. Таким образом, знание вариантной анатомии лобных пазух имеет важное значение для практической медицины.

Сведения об авторах статьи:

Соколов Дмитрий Александрович – к.м.н., доцент кафедры нормальной анатомии человека ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Адрес: г. Воронеж, ул. Студенческая, 10. E-mail: cingulum@yandex.ru.

Наговицин Александр Константинович – студент ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Адрес: г. Воронеж, ул. Студенческая, 10. E-mail: nagovizina@gmail.com.

Белов Евгений Владимирович – к.м.н., доцент кафедры оперативной хирургии с топографической анатомией ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Адрес: г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Кварацхелия Анна Гуладиевна – к.б.н., доцент кафедры нормальной анатомии человека ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Адрес: г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Насонова Наталья Александровна – к.м.н., ассистент кафедры нормальной анатомии человека ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Адрес: г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Пылева Анастасия Сергеевна – студент ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Адрес: г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Бахмет Анастасия Анатольевна – д.м.н., профессор кафедры анатомии и гистологии человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России. Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2.

Тверская Анастасия Владимировна – к.м.н., доцент кафедры анатомии и гистологии человека НИУ БелГУ. Адрес: г. Белгород, ул. Победы, 85, корп. 13.

Кузнецова Мария Александровна – к.м.н., доцент кафедры медико-биологических дисциплин Московского государственного финансово-промышленного университета «Синергия». Адрес: г. Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1.

Гулимов Сергей Вячеславович – врач-неонатолог БУЗ ВО ВКБ №1. Адрес: г. Воронеж, Московский пр-т, 151.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешкина, О.Ю. Возрастно-половая изменчивость объема и площади лобной пазухи по данным компьютерной краниометрии / О.Ю. Алешкина, В.Н. Кучмин, О.В. Мареев, Г.О. Мареев. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2018. – 4 (48). – С. 5-11.
- Бахарев, И.В. Анатомическая изменчивость надглазничного края лобной кости и ее влияние на строение лобной пазухи человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2020. – 23 с.
- Виноградов, А.А. Анатомическая изменчивость лобной пазухи человека и ее связь с формой надглазничного края // А.А. Виноградов, А.В. Павлов, И.В. Андреева, С.Р. Жеребятёва, И.В. Бахарев. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Медицина. Фармация. – 2017. – № 12 (261). Вып. 38: С. 22-30.
- Емельянова А.Н. Клиническое значение вариантов анатомического строения верхнечелюстной и лобной пазух: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Курск. – 2012. – 25 с.
- Кабак, С.Л. Случай чрезмерной пневматизации костей черепа // С.Л. Кабак, Н.А. Саврасова, Ю.М. Мельниченко. Оториноларингология. Восточная Европа. – 2022. – № 12 (3). – С. 346-355.
- Кучмин, В.Н. Лобные пазухи в структуре черепа человека // В.Н. Кучмин, Г.О. Мареев, Л.Б. Сакулина. Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2015. – № 5 (12). – С. 1724-1726.
- Кучмин, В.Н. Новый метод получения параметрических проекций лобной пазухи // В.Н. Кучмин, О.В. Мареев, Г.О. Мареев, С.И. Луцевич. Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2016. – № 6 (5). – С. 763.
- Мареев, О.В. Изменчивость линейных параметров лобной пазухи у взрослых людей // О.В. Мареев, О.Ю. Алешкина, Г.О. Мареев, В.Н. Кучмин, О.И. Афонина [и др.]. Саратовский научно-медицинский журнал. – 2018. – № 14 (2). – С. 302-305.
- Машкова, Т.А. Анатомическая номенклатура фронтоэтноидальной области: современное состояние проблемы // Т.А. Машкова, Н.Т. Алексеева, А.Г. Кварацхелия, А.И. Неровный, Е.В. Полухов. Российская оториноларингология. – 2021. – № 20 (4). – С. 64-71.
- Неровный, А.И. Клинико-анатомические параллели топографии лобно-носового сообщения // А.И. Неровный, Т.А. Машкова, А.В. Черных, Ю.В. Малеев. Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – № 3. – С. 180-188.
- Пискунов, И.С. История изучения лобных пазух // И.С. Пискунов, В.С. Пискунов. Российская ринология. – 2022. – № 30 (1). – С. 46-50.
- Пискунов, И.С. Развитие лобных пазух при сохранившемся метопическом шве // И.С. Пискунов, П.А. Середин. Российская ринология. – 2019. – № 27 (4). – С. 179-188.
- Стагниева, И.В. Морфологические исследования слизистой оболочки лобных пазух // Российская оториноларингология. – 2008. – № 1 (32). – С. 136-142.
- Фатеев, И.Н. Количественные параметры пазух человека по данным прижизненных исследований // И.Н. Фатеев, А.К. Урбанский, А.Ю. Лашев, Р.Р. Гатиатуллин [и др.]. Альманах молодой науки. – 2020. – № 1 (36). – С. 3-6.
- Яшина, И.Н. Вариативность анатомии лобной пазухи у мужчин по данным рентгеновской компьютерной томографии // И.Н. Яшина, Д.С. Подкопаева, Д.Ю. Рыбалко, А.А. Колоколова. Журнал анатомии и гистопатологии. – 2019. – № 8 (4). – С. 60-65.
- Bilgin S., Kantarci U. H., Duymus M., Yildirim C. H., Ercakmak B., Orman G., Gunenc Beser C., Kaya M., Gok M., Akbasak A. Association between frontal sinus development and persistent metopic suture. Folia Morphologica. 2013; 72 (4) : 306-310. doi: 10.5603/fm.2013.0051
- Blaney S. P. Scaling properties of the frontal sinus in the African great Apes – a clue to the role of the human paranasal sinuses. Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord). 2000; 121 (2): 99-102. PMID: 10997068
- Buyuk S. K., Karaman A., Yasa Y. Association between frontal sinus morphology and craniofacial parameters: A forensic review. J Forensic Leg Med. 2017; 49: 20-23. doi: 10.1016/j.jflm.2017.05.007
- Camargo J. R., Daruge E., Prado F. B., Caria P. H. F., Alves M. C., Silva R. F., Daruge Jr. E. The frontal sinus morphology in radiographs of Brazilian subjects: its forensic importance. Braz J Morphol Sci. 2007; 24 (4): 239-243.
- Cave A. J. E. Observations on the platyrrhinae nasal fossa. Am J Phys Anthropol. 1967; 26: 277-288.
- Caylakli F., Cagici A. C., Yilmazer C., Ozer F., Ozluoglu L. Hyperaeration of the frontal sinus. Auris Nasus Larynx. 2006; 33 (4): 471-473. doi: 10.1016/j.anl.2006.05.004
- Chaiyasate S., Baron I., Clement P. Analysis of paranasal sinus development and anatomical variations: a CT genetic study in twins. Clin Otolaryngol. 2007; 32 (2): 93-97. doi: 10.1111/j.1365-2273.2007.01404.x
- Christensen A. M., Hatch G. M. Advances in the use of frontal sinuses for human identification. In: Latham K. E., Bartelink E. J., Finnegam M. (Eds.), New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification. London: Elsevier, Academic Press, 2018: 356.
- Comer B. T., Kincaid N. W., Kountakis S. E. The association between supraorbital ethmoid air cells and orbital proptosis in patients with chronic rhinosinusitis. Int Forum Allergy Rhinol. 2013; 3 (2): 147-149. doi: 10.1002/alr.21073
- Curtis A. A., van Valkenburgh B. Beyond the Sniffer: Frontal Sinuses in Carnivora. Anat Rec (Hoboken). 2014; 297 (11): 2047-2064. doi: 10.1002/ar.23025
- Cvrček J., Velemínský P., Jor T., Rmoutilová R., Brůžek J. Frontal sinus anatomy of the noble Swéerts-Sporck family and verification of their biological relationships using similarity analysis. Anat Rec (Hoboken) 2021; 304 (8): 1717-1731. doi: 10.1002/ar.24564
- Edinger T. Frontal sinus evolution particularly in the Equidae. Bull Mus Comp Zool Harvard. 1950; 103: 409-496.
- Enlow D. H., Hans M. G., McGrew L. Essentials of facial growth. Saunders, Philadelphia; 1996. 240.

29. Farke A. A. Evolution and functional morphology of the frontal sinuses in Bovidae (Mammalia: Artiodactyla), and implications for the evolution of cranial pneumaticity. *Zool J Linnean Soc.* 2010; 159: 988-1014.
30. Gadekar N. B., Kotrashetti V. S., Hosmani J., Nayak R. Forensic application of frontal sinus measurement among the Indian population. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2019; 23 (1): 147-151. doi: 10.4103/jomfp.JOMFP_214_18
31. Gagliardi A., Winning T., Kaidonis J., Hughes T., Townsend G. C. Association of frontal sinus development with somatic and skeletal maturation in Aboriginal Australians: a longitudinal study. *Homo.* 2004; 55 (1-2): 39-52. doi: 10.1016/j.jchb.2004.06.001
32. Haight J. S. J., Djupesland P. G., Qian W., Chatkin J. M., Furlott H., Irish J., Witterick I., McClean P., Fenton R.S., Hoffstein V., Zamel N. Does nasal nitric oxide come from the sinuses? *J Otolaryngol.* 1999; 28: 197-204.
33. House L. K., Stringer S. P., Seals S. Correlation of frontal sinus recess anatomy with ethnicity, gender and pathology. *Am J Otolaryngol.* 2017; 38 (4): 452-455. doi: 10.1016/j.amjoto.2017.04.003
34. Javaid Q., Usmani A., Anthropological significance of sexual dimorphism and the unique structural anatomy of the frontal sinuses: Review of the available literature. *J Pak Med Assoc.* 2020; 70 (4): 713-718. doi: 10.5455/JPMA.32528
35. Keir J. Why do we have paranasal sinuses? *J Laryngol Otol.* 2009; 123(1): 4-8. doi: 10.1017/S0022215108003976
36. Kjær I., Pallisgaard C., Brock-Jacobsen M. T. Frontal sinus dimensions can differ significantly between individuals within a monozygotic twin pair, indicating environmental influence on sinus sizes. *Acta Otolaryngol.* 2012; 132 (9): 988-994. doi: 10.3109/00016489.2012.677064
37. Koertvelyessy T. Relationships between the frontal sinus and climatic conditions: a skeletal approach to cold adaptation. *Am J Phys Anthropol.* 1972; 37 (2): 161-172. doi: 10.1002/ajpa.1330370202
38. Kullman L., Eklund E., Grundin R. Value of the frontal sinuses in the identification of the unknown persons. *J Forensic Odontostomatol.* 1990; 8: 3-10. PMID: 2098381
39. Lawson W. Frontal sinus. In: Blitzer A., Lawson W., Friedman W. H. (Eds.), *Surgery of the Paranasal Sinuses*. Philadelphia, WB Saunders, 1985: 120.
40. Lee D., Brody R., Har-El G. Frontal sinus outflow anatomy. *Am J Rhinol.* 1997; 11 (4): 283-285. doi: 10.2500/105065897781446720
41. Lundberg J., Farkas-Szallasi T., Weitzberg E., Rinder J., Lidholm J., Anggård A., Hökfelt T., Lundberg J. M., Alving K. High nitric oxide production in human paranasal sinuses. *Natural Med.* 1995; 1: 370-373.
42. Mahmood H.T., Shaikh A., Fida M. Association between frontal sinus morphology and cervical vertebral maturation for the assessment of skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 150 (4): 637-642. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.03.022
43. McLaughlin R. B., Rehl R. M., Lanza D. C. Clinically relevant frontal sinus anatomy and physiology. *Otolaryngol Clin North Am.* 2001; 34 (1): 1-22. doi: 10.1016/s0030-6665(05)70291-7
44. Metin-Gürsoy G., Akay G., Tuncer B. B. Frontal sinus: is it a predictor for vertical malocclusions? *Anat Sci Int.* 2021; 96 (1): 62-69. doi: 10.1007/s12565-020-00557-9
45. Moore K., Ross A. Frontal sinus development and juvenile age estimation. *Anat Rec (Hoboken).* 2017; 300 (9): 1609-1617. doi: 10.1002/ar.23614
46. Moore W.J. *The mammalian skull*. Cambridge: Cambridge University Press; 1981. 369.
47. Negus V., The function of the paranasal sinuses. *A M A Arch Otolaryngol.* 1957; 41: 430-432.
48. Nikam S. S., Gadgil R. M., Bhoosreddy A. R., Shah K. R., Shirsekar V. U. Personal Identification in Forensic Science Using Uniqueness of Radiographic Image of Frontal Sinus. *J Forensic Odontostomatol.* 2015; 33 (1): 1-7. PMID: 26851444
49. Papadopolou A-M., Chrysikos D., Samolis A., Tsakotos G., Troupis T. Anatomical Variations of the Nasal Cavities and Paranasal Sinuses: A Systematic Review. *Cureus.* 2021; 13 (1): e12727. doi: 10.7759/cureus.12727
50. Passali D., Passali G. C., Passali F. M., Bellussi L. Physiology of the paranasal sinuses. In Levine H., Clemente M. P. (Eds.), *Sinus Surgery: Endoscopic and Microscopic Approaches*. New York, NY: Thieme; 2005. 57-62
51. Patil N., Karjodkar F. R., Sontakke S., Sansare K., Salvi R. Uniqueness of radiographic patterns of the frontal sinus for personal identification. *Imaging Sci Dent.* 2012; 42 (4): 213-217. doi: 10.5624/isd.2012.42.4.213
52. Paulli S. Über die pneumatischeität bei dei säugerthieren. Ein morphologishe studie. II. Über die Morfologie des siebenns und die der pneumatischeität bei den ungulaten und probosciden. *Gegenbaurs Morphol Jahrb.* 1900; 28: 179-251.
53. Pondé J. M., Andrade R. N., Via J. M., Metzger P., Teles A. C. Anatomical Variations of the Frontal Sinus. *Int. J. Morphol.* 2008; 26 (4): 803-808.
54. Proetz A. W. Some intimate studies of nasal function: their bearing on diagnosis and treatment. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1932; 41: 125-140.
55. Quatrehomme G., Fronty P., Sapanet M., Grévin G., Baillet P., Ollier A. Identification by frontal sinus pattern in forensic anthropology. *Forensic Sci Int.* 1996; 83 (2): 147-153. doi: 10.1016/s0379-0738(96)02033-6
56. Reddy U. D. M. A., Dev B. Pictorial essay: Anatomical variations of paranasal sinuses on multidetector computed tomography- How does it help FESS surgeons? *Indian J Radiol Imaging.* 2012; 22 (4): 317-324. doi: 10.4103/0971-3026.111486
57. Rossie J. B. The Phylogenetic Significance of Anthropoid Paranasal Sinuses. *Anat Rec (Hoboken).* 2008; 291 (11): 1485-1498. doi: 10.1002/ar.20781
58. Rossie J. B., Simons E. L., Gauld S. C., Rasmussen D. T. Paranasal sinus anatomy of Aegyptopithecus: Implications for hominoid origins. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2002; 99 (12): 8454-8456. doi: 10.1073/pnas.092258699
59. Ruf S., Pancherz H. Can frontal sinus development be used for the prediction of skeletal maturity at puberty? *Acta Odontol Scand.* 1996; 54 (4): 229-234. doi: 10.3109/00016359609003529
60. Ruf S., Pancherz H. Development of the frontal sinus in relation to somatic and skeletal maturity. A cephalometric roentgenographic study at puberty. *Eur J Orthod.* 1996; 18 (5): 491-497. doi: 10.1093/ejo/18.5.491
61. Ruf S., Pancherz H. Frontal sinus development as an indicator for somatic maturity at puberty? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 110 (5): 476-482. doi: 10.1016/s0889-5406(96)70053-7
62. Sandre L. B., Rodrigues L. G., Bueno J. M., Picoli F. F., Tolentino P. H. M. P., Silva R. F. Interferencia do metopismo na formacao do seio frontal: avaliacao em crânios secos. *Anais do i encontro acadêmico de odontologia legal fo-ufg. Brasil.* 2016; 3: 8.
63. Selleck A. M., Desai D., Thorp B.D., Ebert C. S., Zanation A. M. Management of Frontal Sinus Tumors. *Otolaryngol Clin North Am.* 2016; 49 (4): 1051-1065. doi: 10.1016/j.otc.2016.03.026
64. Shireen A., Goel S., Ahmed I. M., Sabeh A.M., Mahmoud W. Radiomorphometric Evaluation of the Frontal Sinus in Relation to Age and Gender in Saudi Population. 2019; 9: 584-596. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_222_19
65. Spaeth J., Krügelstein U., Schlöndorff G. The paranasal sinuses in CT-imaging: development from birth to age 25. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1997; 39 (1): 25-40. doi: 10.1016/S0165-5876(96)01458-9
66. Štoković N., Trkulja V., Čuković-Bagić I., Lauc T., Grgurević L. Anatomical variations of the frontal sinus and its relationship with the orbital cavity. *Clin Anat.* 2018; 31 (4): 576-582. doi: 10.1002/ca.22999
67. Tang J. P., Hu D. Y., Jiang F. H., Yu X. J. Assessing forensic applications of the frontal sinus in a Chinese Han population. *Forensic Sci Int.* 2009; 183 (1-3): 104.e1-3. doi: 10.1016/j.forsciint.2008.10.017
68. Tanner J. B., Dumont E. R., Sakai S. T., Lundrigan B. L., Holeykamp K. E. Of arcs and vaults: the biomechanics of bone cracking in spotted hyenas (*Crocuta crocuta*). *Biol J Linnean S.* 2008; 95: 246-255.
69. Teatini G., Simonetti G., Salvolini U., Masala W., Meloni F., Rovasio S., Dedola G. L. Computed tomography of the ethmoid labyrinth and adjacent structures. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1987; 96 (3 Pt 1): 239-250. doi: 10.1177/000348948709600301

70. Tezer M.S., Tahamiler R., Canakçioğlu S. Computed tomography findings in chronic rhinosinusitis patients with and without allergy. *Asian Pac J Allergy Immunol.* 2006; 24 (2-3): 123-127. PMID: 17136877
71. Valverde Y., Watanabe N., Yamaki M., Saito I. The frontal sinus enlargement as an indicator of growth maturity in Class III patients – A pilot study. *Int J Med Sci Public Health.* 2013; 2: 451-455. doi: 10.5455/ijmsph.2013.2.430-434
72. Witmer L. M. The phulogenetic history of paranasal air sinuses. In Koppe R., Nagai H., Alt K. W. (Eds.), *The paranasal sinuses of higher primates: development, function and evolution.* Chicago IL: Quintessence; 1999: 21-34.
73. Wormald P. J., Hoseman W., Callejas C., Weber R. K., Kennedy D. W., Citardi M. J., Senior B. A., Smith T. L., Hwang P. H., Orlandi R. R., Kaschke O., Siow J. K., Szczygielski K., Goessler U., Khan M., Bernal-Sprekelsen M., Kuehnel T., Psaltis A. The International Frontal Sinus Anatomy Classification (IFAC) and Classification of the Extent of Endoscopic Frontal Sinus Surgery (EFSS). *Int Forum Allergy Rhinol.* 2016; XX: 1-19. doi: 10.1002/alr.21738
74. Yoshino M., Miyasaka S., Sato H., Seta S. Classification system of frontal sinus patterns by radiography. Its application to identification of unknown skeletal remains. *Forensic Science International.* 1987; 37: 289-299. doi: 10.1016/0379-0738(87)90041-7
75. Yu J. L., Branstetter B. F., Snyderman C.H. Frontal sinus volume predicts incidence of brain contusion in patients with head trauma. *Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76 (2): 488-492. doi: 10.1097/TA.0b013e3182aaa4bd
76. Zollhofer C. P. E., Weissmann J. D. A morphogenetic model of cranial pneumatization based on the invasive tissue hypothesis. *Anat Rec.* 2008; 291: 1446-1454.
77. Zulkiflee N. D. I., Singh M. K. C., Alias A., Pritam H. M. H., Chung E., Sakaran R., Zaidun N. H., Woon Ch. K. Distribution of frontal sinus pattern amongst Malaysian population: a skull radiograph study. *Anat Cell Biol.* 2022; 55: 294-303. doi: 10.5115/acb.22.075

REFERENCES

1. Aleshkina, O.Yu. Vozrastno-polovaya izmenchivost' ob"ema i ploshchadi lobnoi pazukhi po dannym komp'yuternoi kranimetrii / O.Yu. Aleshkina, V.N. Kuchmin, O.V. Mareev, G.O. Mareev. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Medi-tsinskoe nauki.* – 2018. – 4 (48). – S. 5-11.
2. Bakharev, I.V. Anatomicheskaya izmenchivost' nadglaznichnogo kraya lobnoi kosti i ee vliyanie na stroenie lobnoi pazukhi cheloveka: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – M., 2020. – 23 s.
3. Vinogradov, A.A. Anatomicheskaya izmenchivost' lobnoi pazukhi cheloveka i ee svyaz' s formoi nadglaznichnogo kraya // A.A. Vinogradov, A.V. Pavlov, I.V. Andreeva, S.R. Zherebyat'eva, I.V. Bakharev. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Meditsina. Farmatsiya.* – 2017. – № 12 (261). Vyp. 38: S. 22-30.
4. Emel'yanova A.N. Klinicheskoe znachenie variantov anatomicheskogo stroeniya verkhnechelyustnoi i lobnoi pazukh: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. – Kursk. – 2012. – 25 s.
5. Kabak, S.L. Sluchai chreznemnoi pnevmatizatsii kostei cherepa // S.L. Kabak, N.A. Savrasova, Yu.M. Mel'nichenko. *Otorinolaringologiya. Vostochnaya Evropa.* – 2022. – № 12 (3). – S. 346-355.
6. Kuchmin, V.N. Lobnye pazukhi v strukture cherepa cheloveka // V.N. Kuchmin, G.O. Mareev, L.B. Sakulina. *Byulleten' meditsinskikh Internet-konferentsii.* – 2015. – № 5 (12). – S. 1724-1726.
7. Kuchmin, V.N. Novyi metod polucheniya parametricheskikh proektsii lobnoi pazukhi // V.N. Kuchmin, O.V. Mareev, G.O. Mareev, S.I. Lutsevich. *Byulleten' meditsinskikh Internet-konferentsii.* – 2016. – № 6 (5). – S. 763.
8. Mareev, O.V. Izmenchivost' lineinykh parametrov lobnoi pazukhi u vzroslykh lyudei // O.V. Mareev, O.Yu. Aleshkina, G.O. Mareev, V.N. Kuchmin, O.I. Afonina [i dr.]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal.* – 2018. – № 14 (2). – S. 302-305.
9. Mashkova, T.A. Anatomicheskaya nomenklatura frontoetmoidal'noi oblasti: sovremennoe sostoyanie problemy // T.A. Mashkova, N.T. Alekseeva, A.G. Kvaratskheliya, A.I. Nerovnyi, E.V. Polyukhov. *Rossiiskaya otorinolaringologiya.* – 2021. – № 20 (4). – S. 64-71.
10. Nerovnyi, A.I. Kliniko-anatomicheskie paralleli topografii lobno-nosovogo soobshcheniya // A.I. Nerovnyi, T.A. Mashkova, A.V. Chernykh, Yu.V. Maleev. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii.* – 2016. – № 3. – S. 180-188.
11. Piskunov, I.S. Istoriya izucheniya lobnykh pazukh // I.S. Piskunov, V.S. Piskunov. *Rossiiskaya rinologiya.* – 2022. – № 30 (1). – S. 46-50.
12. Piskunov, I.S. Razvitie lobnykh pazukh pri sokhranivshemsya metopicheskom shve // I.S. Piskunov, P.A. Seredin. *Rossiiskaya rinologiya.* – 2019. – № 27 (4). – S. 179-188.
13. Stagnieva, I.V. Morfologicheskie issledovaniya slizistoi obolochki lobnykh pazukh // Rossiiskaya otorinolaringologiya. – 2008. – № 1 (32). – S. 136-142.
14. Fateev, I.N. Kolichestvennye parametry pazukh cheloveka po dannym prizhiznennykh issledovaniy // I.N. Fateev, A.K. Urban-skiy, A.Yu. Lashev, R.R. Gatiatulin [i dr.]. *Al'manakh molodoi nauki.* – 2020. – № 1 (36). – S. 3-6.
15. Yashina, I.N. Variabel'nost' anatomii lobnoi pazukhi u muzhchin po dannym rentgenovskoi komp'yuternoi tomografii // I.N. Yashina, D.S. Podkopaeva, D.Yu. Rybalko, A.A. Kolokolova. *Zhurnal anatomii i gistopatologii.* – 2019. – № 8 (4). – S. 60-65.
16. Bilgin S., Kantarci U. H., Duyumus M., Yildirim C. H., Ercakmak B., Orman G., Gunenc Beser C., Kaya M., Gok M., Akbasak A. Association between frontal sinus development and persistent metopic suture. *Folia Morphologica.* 2013; 72 (4) : 306-310. doi: 10.5603/fm.2013.0051
17. Blaney S. P. Scaling properties of the frontal sinus in the African great Apes – a clue to the role of the human paranasal sinuses. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord).* 2000; 121 (2): 99-102. PMID: 10997068
18. Buyuk S. K., Karaman A., Yasa Y. Association between frontal sinus morphology and craniofacial parameters: A forensic review. *J Forensic Leg Med.* 2017; 49: 20-23. doi: 10.1016/j.jflm.2017.05.007
19. Camargo J. R., Daruge E., Prado F. B., Caria P. H. F., Alves M. C., Silva R. F., Daruge Jr. E. The frontal sinus morphology in radiographs of Brazilian subjects: its forensic importance. *Braz J Morphol Sci.* 2007; 24 (4): 239-243.
20. Cave A. J. E. Observations on the platyrrhinae nasal fossa. *Am J Phys Anthropol.* 1967; 26: 277-288.
21. Caylakli F., Cagici A. C., Yilmazer C., Ozer F., Ozluoglu L. Hyperaeration of the frontal sinus. *Auris Nasus Larynx.* 2006; 33 (4): 471-473. doi: 10.1016/j.anl.2006.05.004
22. Chaiyasate S., Baron I., Clement P. Analysis of paranasal sinus development and anatomical variations: a CT genetic study in twins. *Clin Otolaryngol.* 2007; 32 (2): 93-97. doi: 10.1111/j.1365-2273.2007.01404.x
23. Christensen A. M., Hatch G. M. Advances in the use of frontal sinuses for human identification. In: Latham K. E., Bartelink E. J., Finnegan M. (Eds.), *New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification.* London: Elsevier, Academic Press, 2018: 356.
24. Comer B. T., Kincaid N. W., Kountakis S. E. The association between supraorbital ethmoid air cells and orbital proptosis in patients with chronic rhinosinusitis. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2013; 3 (2): 147-149. doi: 10.1002/alr.21073
25. Curtis A. A., van Valkenburgh B. Beyond the Sniffer: Frontal Sinuses in Carnivora. *Anat Rec (Hoboken).* 2014; 297 (11): 2047-2064. doi: 10.1002/ar.23025
26. Cvrček J., Velemínský P., Jor T., Rmoutilová R., Brůžek J. Frontal sinus anatomy of the noble Swéerts-Sporck family and verification of their biological relationships using similarity analysis. *Anat Rec (Hoboken)* 2021; 304 (8): 1717-1731. doi: 10.1002/ar.24564
27. Edinger T. Frontal sinus evolution particularly in the Equidae. *Bull Mus Comp Zool Harvard.* 1950; 103: 409-496.
28. Enlow D. H., Hans M. G., McGrew L. *Essentials of facial growth.* Saunders, Philadelphia; 1996. 240.
29. Farke A. A. Evolution and functional morphology of the frontal sinuses in Bovidae (Mammalia: Artiodactyla), and implications for the evolution of cranial pneumatization. *Zool J Linn Soc.* 2010; 159: 988-1014.

30. Gadekar N. B., Kotrashetti V. S., Hosmani J., Nayak R. Forensic application of frontal sinus measurement among the Indian population. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2019; 23 (1): 147-151. doi: 10.4103/jomfp.JOMFP_214_18
31. Gagliardi A., Winning T., Kaidonis J., Hughes T., Townsend G. C. Association of frontal sinus development with somatic and skeletal maturation in Aboriginal Australians: a longitudinal study. *Homo.* 2004; 55 (1-2): 39-52. doi: 10.1016/j.jchb.2004.06.001
32. Haight J. S. J., Djupesland P. G., Qian W., Chatkin J. M., Furlott H., Irish J., Witterick I., McClean P., Fenton R.S., Hoffstein V., Zamel N. Does nasal nitric oxide come from the sinuses? *J Otolaryngol.* 1999; 28: 197-204.
33. House L. K., Stringer S. P., Seals S. Correlation of frontal sinus recess anatomy with ethnicity, gender and pathology. *Am J Otolaryngol.* 2017; 38 (4): 452-455. doi: 10.1016/j.amjoto.2017.04.003
34. Javaid Q., Usmani A., Anthropological significance of sexual dimorphism and the unique structural anatomy of the frontal sinuses: Review of the available literature. *J Pak Med Assoc.* 2020; 70 (4): 713-718. doi: 10.5455/JPMA.32528
35. Keir J. Why do we have paranasal sinuses? *J Laryngol Otol.* 2009; 123(1): 4-8. doi: 10.1017/S0022215108003976
36. Kjær I., Pallisgaard C., Brock-Jacobsen M. T. Frontal sinus dimensions can differ significantly between individuals within a monozygotic twin pair, indicating environmental influence on sinus sizes. *Acta Otolaryngol.* 2012; 132 (9): 988-994. doi: 10.3109/00016489.2012.677064
37. Koertvelyessy T. Relationships between the frontal sinus and climatic conditions: a skeletal approach to cold adaptation. *Am J Phys Anthropol.* 1972; 37 (2): 161-172. doi: 10.1002/ajpa.1330370202
38. Kullman L., Eklund E., Grundin R. Value of the frontal sinuses in the identification of the unknown persons. *J Forensic Odontostomatol.* 1990; 8: 3-10. PMID: 2098381
39. Lawson W. Frontal sinus. In: Blitzer A., Lawson W., Friedman W. H. (Eds.), *Surgery of the Paranasal Sinuses.* Philadelphia, WB Saunders, 1985: 120.
40. Lee D., Brody R., Har-El G. Frontal sinus outflow anatomy. *Am J Rhinol.* 1997; 11 (4): 283-285. doi: 10.2500/105065897781446720
41. Lundberg J., Farkas-Szallasi T., Weitzberg E., Rinder J., Lidholm J., Anggård A., Hökfelt T., Lundberg J. M., Alving K. High nitric oxide production in human paranasal sinuses. *Natural Med.* 1995; 1: 370-373.
42. Mahmood H.T., Shaikh A., Fida M. Association between frontal sinus morphology and cervical vertebral maturation for the assessment of skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 150 (4): 637-642. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.03.022
43. McLaughlin R. B., Rehl R. M., Lanza D. C. Clinically relevant frontal sinus anatomy and physiology. *Otolaryngol Clin North Am.* 2001; 34 (1): 1-22. doi: 10.1016/s0030-6665(05)70291-7
44. Metin-Gürsoy G., Akay G., Tuncer B. B. Frontal sinus: is it a predictor for vertical malocclusions? *Anat Sci Int.* 2021; 96 (1): 62-69. doi: 10.1007/s12565-020-00557-9
45. Moore K., Ross A. Frontal sinus development and juvenile age estimation. *Anat Rec (Hoboken).* 2017; 300 (9): 1609-1617. doi: 10.1002/ar.23614
46. Moore W.J. *The mammalian skull.* Cambridge: Cambridge University Press; 1981. 369.
47. Negus V., The function of the paranasal sinuses. *A M A Arch Otolaryngol.* 1957; 41: 430-432.
48. Nikam S. S., Gadgil R. M., Bhoosreddy A. R., Shah K. R., Shirsekar V. U. Personal Identification in Forensic Science Using Uniqueness of Radiographic Image of Frontal Sinus. *J Forensic Odontostomatol.* 2015; 33 (1): 1-7. PMID: 26851444
49. Papadopoulos A-M., Chrysikos D., Samolis A., Tsakotos G., Troupis T. Anatomical Variations of the Nasal Cavities and Paranasal Sinuses: A Systematic Review. *Cureus.* 2021; 13 (1): e12727. doi: 10.7759/cureus.12727
50. Passali D., Passali G. C., Passali F. M., Bellussi L. Physiology of the paranasal sinuses. In Levine H., Clemente M. P. (Eds.), *Sinus Surgery: Endoscopic and Microscopic Approaches.* New York, NY: Thieme; 2005. 57-62
51. Patil N., Karjodkar F. R., Sontakke S., Sansare K., Salvi R. Uniqueness of radiographic patterns of the frontal sinus for personal identification. *Imaging Sci Dent.* 2012; 42 (4): 213-217. doi: 10.5624/isd.2012.42.4.213
52. Paulli S. Über die pneumaticität bei dei säugthieren. Ein morphologishe studie. II. Über die Morfologie des siebbens und die der pneumaticität bei den ungluten und probosciden. *Gegenbaurs Morphol Jahrb.* 1900; 28: 179-251.
53. Pondé J. M., Andrade R. N., Via J. M., Metzger P., Teles A. C. Anatomical Variations of the Frontal Sinus. *Int. J. Morphol.* 2008; 26 (4): 803-808.
54. Proetz A. W. Some intimate studies of nasal function: their bearing on diagnosis and treatment. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1932; 41: 125-140.
55. Quatrehomme G., Fronty P., Sapanet M., Grévin G., Baillet P., Ollier A. Identification by frontal sinus pattern in forensic anthropology. *Forensic Sci Int.* 1996; 83 (2): 147-153. doi: 10.1016/s0379-0738(96)02033-6
56. Reddy U. D. M. A., Dev B. Pictorial essay: Anatomical variations of paranasal sinuses on multidetector computed tomography- How does it help FESS surgeons? *Indian J Radiol Imaging.* 2012; 22 (4): 317-324. doi: 10.4103/0971-3026.111486
57. Rossie J. B. The Phylogenetic Significance of Anthropoid Paranasal Sinuses. *Anat Rec (Hoboken).* 2008; 291 (11): 1485-1498. doi: 10.1002/ar.20781
58. Rossie J. B., Simons E. L., Gauld S. C., Rasmussen D. T. Paranasal sinus anatomy of *Aegyptopithecus*: Implications for hominoid origins. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2002; 99 (12): 8454-8456. doi: 10.1073/pnas.092258699
59. Ruf S., Pancherz H. Can frontal sinus development be used for the prediction of skeletal maturity at puberty? *Acta Odontol Scand.* 1996; 54 (4): 229-234. doi: 10.3109/00016359609003529
60. Ruf S., Pancherz H. Development of the frontal sinus in relation to somatic and skeletal maturity. A cephalometric roentgenographic study at puberty. *Eur J Orthod.* 1996; 18 (5): 491-497. doi: 10.1093/ejo/18.5.491
61. Ruf S., Pancherz H. Frontal sinus development as an indicator for somatic maturity at puberty? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 110 (5): 476-482. doi: 10.1016/s0889-5406(96)70053-7
62. Sandre L. B., Rodrigues L. G., Bueno J. M., Picoli F. F., Tolentino P. H. M. P., Silva R. F. Interferencia do metopismo na formacao do seio frontal: avaliacao em crânios secos. *Anais do i encontro acadêmico de odontologia legal fo-ufg. Brasil.* 2016; 3: 8.
63. Selleck A. M., Desai D., Thorp B.D., Ebert C. S., Zanation A. M. Management of Frontal Sinus Tumors. *Otolaryngol Clin North Am.* 2016; 49 (4): 1051-1065. doi: 10.1016/j.otc.2016.03.026
64. Shireen A., Goel S., Ahmed I. M., Sabeh A.M., Mahmoud W. Radiomorphometric Evaluation of the Frontal Sinus in Relation to Age and Gender in Saudi Population. 2019; 9: 584-596. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_222_19
65. Spaeth J., Krügelstein U., Schlöndorff G. The paranasal sinuses in CT-imaging: development from birth to age 25. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1997; 39 (1): 25-40. doi: 10.1016/S0165-5876(96)01458-9
66. Stoković N., Trkulja V., Čuković-Bagić I., Lauc T., Grgurević L. Anatomical variations of the frontal sinus and its relationship with the orbital cavity. *Clin Anat.* 2018; 31 (4): 576-582. doi: 10.1002/ca.22999
67. Tang J. P., Hu D. Y., Jiang F. H., Yu X. J. Assessing forensic applications of the frontal sinus in a Chinese Han population. *Forensic Sci Int.* 2009; 183 (1-3): 104.e1-3. doi: 10.1016/j.forsciint.2008.10.017
68. Tanner J. B., Dumont E. R., Sakai S. T., Lundrigan B. L., Holekamp K. E. Of arcs and vaults: the biomechanics of bone cracking in spotted hyenas (*Crocuta crocuta*). *Biol J Linnean S.* 2008; 95: 246-255.
69. Teatini G., Simonetti G., Salvolini U., Masala W., Meloni F., Rovasio S., Dedola G. L. Computed tomography of the ethmoid labyrinth and adjacent structures. *Ann Otol Rhino Laryngol.* 1987; 96 (3 Pt 1): 239-250. doi: 10.1177/000348948709600301
70. Tezer M.S., Tahamiler R., Canakçioğlu S. Computed tomography findings in chronic rhinosinusitis patients with and without allergy. *Asian Pac J Allergy Immunol.* 2006; 24 (2-3): 123-127. PMID: 17136877

71. Valverde Y., Watanabe N., Yamaki M., Saito I. The frontal sinus enlargement as an indicator of growth maturity in Class III patients – A pilot study. *Int J Med Sci Public Health*. 2013; 2: 451-455. doi: 10.5455/ijmsph.2013.2.430-434
72. Witmer L. M. The phulogenetic history of paranasal air sinuses. In Koppe R., Nagai H., Alt K. W. (Eds.), *The paranasal sinuses of higher primates: development, function and evolution*. Chicago IL: Quintessence; 1999: 21-34.
73. Wormald P. J., Hoseman W., Callejas C., Weber R. K., Kennedy D. W., Citardi M. J., Senior B. A., Smith T. L., Hwang P. H., Orlandi R. R., Kaschke O., Siow J. K., Szczygielski K., Goessler U., Khan M., Bernal-Sprekelsen M., Kuehnel T., Psaltis A. The International Frontal Sinus Anatomy Classification (IFAC) and Classification of the Extent of Endoscopic Frontal Sinus Surgery (EFSS). *Int Forum Allergy Rhinol*. 2016; XX: 1-19. doi: 10.1002/alr.21738
74. Yoshino M., Miyasaka S., Sato H., Seta S. Classification system of frontal sinus patterns by radiography. Its application to identification of unknown skeletal remains. *Forensic Science International*. 1987; 37: 289-299. doi: 10.1016/0379-0738(87)90041-7
75. Yu J. L., Branstetter B. F., Snyderman C.H. Frontal sinus volume predicts incidence of brain contusion in patients with head trauma. *Trauma Acute Care Surg*. 2014; 76 (2): 488-492. doi: 10.1097/TA.0b013e3182aaa4bd
76. Zollikofer C. P. E., Weissmann J. D. A morphogenetic model of cranial pneumatization based on the invasive tissue hypothesis. *Anat Rec*. 2008; 291: 1446-1454.
77. Zulkiflee N. D. I., Singh M. K. C., Alias A. Pritam H. M. H., Chung E., Sakaran R., Zaidun N. H., Woon Ch. K. Distribution of frontal sinus pattern amongst Malaysian population: a skull radiograph study. *Anat Cell Biol*. 2022; 55: 294-303. doi: 10.5115/acb.22.075

УДК 611.736.911 -611.739

© С.Н. Чемидронов, А.В. Колсанов, Г.Н. Суворова, 2023

С.Н. Чемидронов, А.В. Колсанов, Г.Н. Суворова
**СТРУКТУРНЫЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЗМОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ
СТАБИЛИЗАЦИИ ТАЗОВОГО ДНА ЧЕЛОВЕКА –
ФОРМИРОВАНИЕ ПЕТЛЕВОЙ АРХИТЕКТУРЫ**
*ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Самара*

Сложившееся в процессе антропогенеза прямохождение коренным образом изменило функциональную основу мышц тазового дна человека. Если у четвероногих животных одной из основных функций мышцы, поднимающей задний проход, является движение хвостом, связанное со сгибанием хвостовых позвонков и поджатием хвоста к туловищу; то у человека ключевыми являются вопросы закрытия полости малого таза и удержания органов, а также регулирования прохождения мочи, кала, семенной жидкости у мужчин и родовой деятельности у женщин. Анализ механизмов динамической защиты области выхода из малого таза позволит не только понять морфофункциональные аспекты работы мышц диафрагмы таза и промежности при физиологических процессах (мочеиспускание, дефекация, родовая деятельность и др.), но и сформировать картину возможных причин развития недостаточности тазового дна при возникновении недержания мочи, кала, сексуальных дисфункций и пролапса органов малого таза.

Цель работы. На основании данных литературы и собственных исследований сформировать концепцию о мышцах тазового дна и промежности с точки зрения динамической поддержки органов малого таза и механизмов регуляции выведения продуктов метаболизма и родовой деятельности.

Результаты исследования. На основании анализа данных литературы были разработаны схемы архитектуры тазового дна и промежности с позиции петлевого макроскопического строения скелетных мышц. У мужчин выделено 5 основных петлевых конструкций, у женщин – 6. Теория петлевых конструкций тазового дна и промежности позволит расширить подход к патогенезу и лечению дисфункций тазового дна, травм мышц промежности, недержания мочи и кала, пролапса органов малого таза.

Ключевые слова: мышца, поднимающая задний проход, мышечная петля тазового дна, лобково-прямокишечная мышца, лобково-копчиковая мышца, сдавливатель мочеиспускательного канала.

S.N. Chemidronov, A.V. Kolsanov, G.N. Suvorova
**HUMAN PELVIC FLOOR DYNAMIC STABILIZATION MECHANISM
STRUCTURES – A SLING ARCHITECTURE DEVELOPMENT**

The bipedalism that developed in anthropogenesis process radically changed the functional basis in human pelvic floor muscles. In quadrupeds the main function of levator ani muscle is the movement of the tail associated with the flexion of tailbones and tail tucking towards the trunk; in humans it is the closure of the pelvic cavity and organs support, as well as the regulation of urine, feces, seminal fluid passage in men, and labor activity in women. Analysis of dynamic protection mechanisms in the area of pelvic outlet will allow understanding pelvic diaphragm and perineal muscles morphofunctional aspects during physiological processes (urination, defecation, labor, etc.); but also it will form the knowledge about possible causes of pelvic floor insufficiency, urinary and fecal incontinence, sexual dysfunction, and pelvic organ prolapse.

Objective. According to literature data review and own research, the objective is to develop a new concept about pelvic floor and perineal muscles activity, pelvic organs dynamic support, and regulation mechanisms in metabolic products excretion and labor regulation.

Results. We developed conceptual schemes of pelvic floor and perineal skeletal muscles sling shape architecture based on literature data analysis. We describe five skeletal muscle sling structures in men, and six in women. This theory of sling structures in pelvic floor and perineum may allow expanding the approach to the pathogenesis and treatment of pelvic floor dysfunctions, perineal muscle injuries, urinary and fecal incontinence, as well as pelvic organ prolapse.

Key words: levator ani muscle, pelvic floor muscular sling, pubo-rectalis muscle, pubo-coccygeal muscle, urethral compressor muscle.

Тазовое дно человека является уникальной структурой, сформированной в процессе антропогенеза вертикальной ходьбой на двух

ногах [1,2,3]. У четвероногих животных вес внутренних органов брюшной полости распределяется на брюшную стенку; у людей –